

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000115538 A**

(43) Date of publication of application: **21.04.00**

(51) Int. Cl. **H04N 1/407**
G06T 1/00
G06T 5/00

(21) Application number: **11268485**

(22) Date of filing: **22.09.99**

(30) Priority: **23.09.98 US 98 159043**

(71) Applicant: **XEROX CORP**

(72) Inventor: **FARRELL BARBARA L**

(54) **METHOD FOR GENERATING REAL TIME TONE
REPRODUCTION CURVE TO IMPROVE COPIED
IMAGE**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To automate a generating process of sectional linear conversion of segments by scanning part of an image, deciding an input gray value to form the image and generating a histogram of frequency distribution of the input gray values.

SOLUTION: A copied image or original is scanned to decide a gray value of image pixels and a histogram distribution denoting frequency of each gray value is generated. A background gray value from the histogram

distribution is set as a maximum input order represented as a maximum reflectance R_{max} of the histogram distribution. Furthermore, a minimum input border represented as a minimum reflectance R_{min} is decided from the histogram distribution. After the input borders R_{max} , R_{min} are demarcated, segment points are decided in an area between both the borders. The segment points are obtained from identified characteristics of the histogram distribution such as peak, valley and offset values. Thus, the borders and segment points are automatically decided from histogram data being a base of sectional linear conversion.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-115538
(P2000-115538A)

(43) 公開日 平成12年4月21日 (2000.4.21)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
H 0 4 N 1/407		H 0 4 N 1/40	1 0 1 E
G 0 6 T 1/00		G 0 6 F 15/64	4 0 0 L
5/00		15/68	3 1 0 J

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 13 頁)

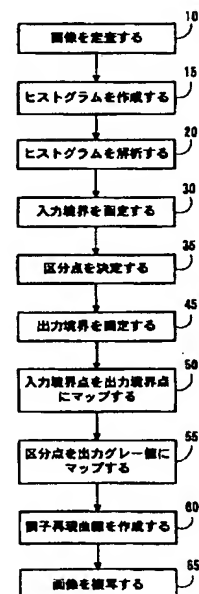
(21) 出願番号	特願平11-268485	(71) 出願人	590000798 ゼロックス コーポレイション XEROX CORPORATION アメリカ合衆国 06904-1600 コネティ カット州・スタンフォード・ロング リッ チ ロード・800
(22) 出願日	平成11年9月22日 (1999.9.22)	(72) 発明者	バーバラ エル. ファーレル アメリカ合衆国 14519 ニューヨーク州 オンタリオ アーバー ロード 5852
(31) 優先権主張番号	1 5 9 0 4 3	(74) 代理人	100079049 弁理士 中島 淳 (外1名)
(32) 優先日	平成10年9月23日 (1998.9.23)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

(54) 【発明の名称】 複写される画像を改良するリアルタイム調子再現曲線を作成する方法

(57) 【要約】

【課題】 画像ヒストグラムに基づいて区分的線形変換を画定する調子再現曲線を自動的に作成する方法の提供。

【解決手段】 画像の一部を走査し (10)、画像を形成する入力グレー値を決定し、入力グレー値の度数分布のヒストグラムを作成し (15)、このヒストグラムに基づき、入力グレー値を出力グレー値に変換する調子再現曲線マップを作成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複写される画像を改良するリアルタイム調子再現曲線を作成する方法であって、該方法が、画像の一部を走査し、前記画像を形成する入力グレー値を決定するステップを含み、入力グレー値の度数分布のヒストグラムを作成するステップを含み、前記入力グレー値のヒストグラムに基づいて、入力グレー値を出力グレー値に変換するための調子再現曲線を作成するステップを含む、上記複写される画像を改良するリアルタイム調子再現曲線を作成する方法。

【請求項2】 前記変換が、区分的線形変換を含む、請求項1に記載の方法。

【請求項3】 前記調子再現曲線の作成が、ヒストグラムを解析するステップを含み、複写される全ての入力グレー値が、実質的に入力境界グレー値の範囲内にある最小入力グレー値及び最大入力グレー値を含む入力境界グレー値を決定するステップを含み、前記入力グレー値の度数分布に基づいて前記入力境界グレー値の間にある区分点を決定するステップを含み、前記最小入力グレー値を最小出力グレー値にマップするステップを含み、前記最大入力グレー値を最大出力グレー値にマップするステップを含み、前記入力グレー値の度数分布に基づいて区分点を出力グレー値にマップするステップを含み、前記入力境界グレー値と区分点との間に画定される勾配に基づいて残りの入力グレー値をマップするステップを含む、請求項1に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、デジタル画像形成技術に関する。これは、画像ヒストグラムに基づいて区分的線形変換を画定する調子再現曲線を自動的に作成するシステム及び方法に対する特定のアプリケーションを提供し、それに関する特定の参照と共に説明されるであろう。

【0002】

【従来の技術】従来の複写機では、原稿が走査され、そのため、原稿から反射される光は、受光体上に電荷の潜像を形成させる。次に、この潜像は、トナーによって現像され、走査された原稿のコピーを作成するために、そのトナーが記録媒体に転写される。これらのシステムは、光ーレンズ又はノンデジタル複写システムと呼ばれるのが一般的である。

【0003】光ーレンズ複写機の品質は、コピーが原稿文書にどれだけよく一致するか関数である。よく知ら

れているように、様々な要因がこの品質に影響を及ぼしうる。例えば、走査ステーションの光学経路が適切に位置合わせされていない場合、走査ステーションは品質に影響を及ぼしうる。更に、受光体が適切にクリーニングされていない場合、現像ステーションも品質に影響を及ぼしうる。

【0004】デジタル複写機の出現により、コピーを作成するための上記コピープロセスは変化した。デジタルプロセスにおいては、原稿又は画像は、原稿から反射される光を、原稿の所定の領域（画素）からの光強度を表す電荷に変換するデジタルスキャナによって走査される。好適な処理の後、これらの電荷は、デジタル複写機によって用いられる画像信号又は画像データの画素に変換され、走査された画像を再現する。

【0005】画像データの画素は、画像データの画素を印刷装置によって用いられることができる信号に変換する画像処理システムによって処理され、走査された画像を再現する。この印刷装置は、ゼログラフィックプリンタ、インクジェットプリンタ、サーマルプリンタの何れか、又はデジタルデータを記録媒体上のマークに変換することが可能なあらゆる他のタイプの印刷装置であってもよい。

【0006】光ーレンズシステムと同様に、複写機の品質は、なおもコピーが原稿文書にどれだけよく一致するか関数である。しかしながら、このデジタル環境では、他の要因が複写された画像の品質の一因となるか、又は該品質に影響を及ぼしうる。例えば、スキャナが適切に較正されていない場合、スキャナが品質に影響を及ぼしうる。更に、出力（印刷）装置は、プリントヘッドが詰まったか、又は受光体が適切にクリーニングされていない場合にも、品質に影響を及ぼしうる。しかしながら、デジタル装置は光をデジタル信号に変換し、その後、デジタル信号を記録媒体上のマークに変換しなければならないので、最も多大な影響力を有するデジタルシステムの様相は、画像データのデジタル（画像）処理である。つまり、画像処理システムは、原稿から反射された光と記録媒体上のマークとの間の転写機能を備えているのである。

【0007】品質は、多種の方法で測定される。1つの方法は、複写された画像の特性を観察することである。複写された画像の品質を決定するこのような特性の一例として、画像のコントラストが挙げられる。コントラストは、一般的に優れた画像品質の査定を付与するので、画像形成された（コピーされた）原稿のコントラストは、品質を測定するために最も一般的に用いられる特性である。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】デジタル複写機では、画像処理システムが画像のコントラストに多大な影響を及ぼしうる。そのため、出力印刷装置の高品質を確認す

るために、走査される画像のコントラストを画像処理段階の前に知ることが望ましい。これは、画像処理システムがこの認識によって画像データを処理し、それにより、複写された画像が適切なコントラストを有することができるからである。このコントラスト情報をデジタル画像処理の前に得る1つの方法は、デジタル複写機のために画像コントラストの読取り易い尺度を与えるグレーレベルヒストグラムを作成することである。画像又はグレーレベルヒストグラムは、画像のグレーレベルの統計的分布を各グレーレベルにおける画素数によって記述する。つまり、一画像内の画素数は、一定のグレーレベルを伴う。

【0009】ヒストグラムは、8ビット/画素のサンプリング解像度が用いられる場合は、0~255である水平方向軸上に強度と、垂直方向軸上に画素数とを有する図表を用いて表されることができる。この図による表示を用いて、ヒストグラムは、画像が基本的に暗いか又は明るい、また高コントラストであるか又は低コントラストであることを示すことができる。画像がヒストグラムで表される際、全ての空間的情報が失われることを知ることが重要である。ヒストグラムは、各グレーレベルの画素数を特定するが、これらの画素が画像のどこに位置されるかの表示を全く与えない。つまり、非常に異なった画像が非常に類似したヒストグラムを有しうるのである。

【0010】従来、走査された画像のヒストグラムを作成する際、デジタル複写システムは原稿を標準化し、原稿から強度データを収集し、原稿の背景値を決定するためにこの情報を用いる。このような従来のシステムにおいて、算出された原稿の背景値は、原稿の平均強度を表す。

【0011】低コントラスト画像のヒストグラムは、グレースケールにおける画素の強度の大きく、広域の分布又は「モード」、及び完全に占有されていない他のグレー領域として現れる。高コントラストは、2つの長く細いピークが（両）外側強度領域に存在する2項ヒストグラムとして現れる。

【0012】画像の改良（露光不足又は露光過度、不十分な採光などの画像の劣化の補正）は、画像のヒストグラムを変更することにより、達成される。この「コントラストの改良」は、しばしば、ヒストグラムスライド及びヒストグラムストレッチとして知られる2つの線形変換の組合せから成る。画像のコントラスト及びダイナミックレンジの特性に基づいたこれらの操作は、ヒストグラムを再分布し、そのため、コントラスト及びダイナミックレンジを改良することができる。コントラストの改良の目的は、ダイナミックレンジ全体を用いて変換後*

*では目視可能でない画像内の強度の変化（ディテール）を示すことである。

【0013】ヒストグラムスライディング操作は、単に、画像の全ての画素に対して一定の強度レベルを追加又は削減することである。全ての画素に対してこれ（強度レベルの追加又は削減）を行うことにより、入力画像ヒストグラム全体を右又は左に有効にスライドさせることができる。ヒストグラムスライディングの基本的な効果は、画像の明色化又は暗色化である。得られたヒストグラムは移動されただけであるため、出力画像のコントラストは、入力画像のものと同一であろう。

【0014】スライディング操作のための線形変換又は調子再現曲線（TRC）マップは、常に45°の線であろう（画像のコントラストが維持されるのは、このためである）。線は、スライド0の場合、原点を通過するであろう。また、線は、正のスライド（>0）の場合、垂直方向軸（出力強度）を通過するであろう。線は、負のスライドの場合、水平方向軸（入力強度）を通過するであろう。正のスライドは、画像を効果的に明色化するが、負のスライドは、画像を暗色化する。

【0015】ヒストグラムストレッチングは、画像中の全ての画素を一定の値によって増倍することである。例えば、全ての画素がグレースケール範囲の下半分に存在するヒストグラムは、定数2で増倍された際、グレースケール範囲全体を占有するように広がるであろう。このストレッチング操作は、画像のコントラスト及びダイナミックレンジを拡大又は縮小させる。TRCマップは、常に原点を通過するまっすぐな線であろう。ストレッチが1の場合、線は、角度45°であろう。コントラストの改良は、ヒストグラムスライディングと共に実行されるのが一般的である。

【0016】典型として、スキヤナにおいて、画像のヒストグラムは、予備走査（プレスキヤン）から決定される。走査された画像領域の最小及び最大反射率（又は、強度）は、それぞれ R_{min} 及び R_{max} で表され、この走査から決定される。移動によるグレースケール変換と、ダイナミックレンジ全体を占有するためのグレースケールのストレッチング（拡張）は、単に、入力グレースケールから変換された出力グレースケールへのマッピング機能によるものである。これは、通常、ルックアップテーブルによって達成される。 R_{min} により入力グレースケールを有効に移動し、次に、入力ダイナミックレンジ（ $R_{min} \sim R_{max}$ ）を利用可能な出力ダイナミックレンジに拡張する、ダイナミックレンジ変更の「古典的」方法は、下記の方程式（1）によって与えられる：

【0017】

【数1】

$$(1) \quad P_{NEW} = (P_{OLD} - R_{min}) * \frac{(Z_{max} - Z_{min})}{(R_{max} - R_{min})}$$

【0018】ここで、 P_{OLD} は、元の画素値で、 $(Z_{max} - Z_{min})$ は、システムに可能である最大ダイナミックレンジであり、 R_{max} は、 R_{max} 以上の反射率を含む画像領域の合計が、全画像領域の規定の割合未満である画像反射率の値であり、また、 R_{min} は、 R_{min} 以下の反射率を含む画像領域の合計が、全画像領域の規定の割合未満である画像反射率の値である。例えば、その割合は、3%ほどでありうる。このような R_{min} と R_{max} の画定により、残りのグレーレベルをより広い「範囲」に拡張することが可能となる。しかしながら、画像内の絶対最小反射率及び絶対最大反射率の値の代わりに R_{max} と R_{min} を定義することにより、方程式(1)が、それらを満たすことによって、 $P_{OLD} < R_{min}$ 、及び $P_{OLD} > R_{max}$ のグレーレベル範囲を効果的に圧縮させる。これは、定義から、非常に少数の画素がこれらの範囲にグレーレベルを有し、そのため、画像情報がほとんど失われないはずであるため、通常、許容可能である。

【0019】例示のための実施例として、 $R_{min} = 63$ 、 $R_{max} = 127$ であると仮定されたい。方程式

(1)の第1の項は、各画素を左に R_{min} 、すなわち、この場合、63移動させるであろう。利用可能な最大ダイナミックレンジは、 $Z_{max} - Z_{min}$ 、すなわち255である。用いられる実際のダイナミックレンジは、 $R_{max} - R_{min}$ 、すなわち $127 - 63 = 64$ である。従って、画像中の全ての画素は、63移動し、4($255 / 64 = 4$)で増倍され、利用可能なダイナミックレンジ全体を満たす。

【0020】Robert A. Schowengerdt による"Techniques for Image Processing and Classification in Remote Sensing", Academic Press, 1983において、画像ヒストグラムが非対称的である場合、出力画像の平均グレーレベルとヒストグラム端部における彩度(飽和度)を単純な線形変換によって同時に制御することは不可能であることが主張された。この論説は、利用可能なグレーレベル範囲をよりよく利用するために、2つ(又はそれ以上)のセグメントの区分的線形変換を提案する。利用者は、利用可能なダイナミックレンジを満たすためにデータが含まれる個別の強度範囲を拡張するようにデザインされた一列の線形段階を手動で決定する必要があるであろう。そのため、利用者は、各領域内で一列の R_{min} 及び R_{max} の値を指定し、方程式(1)を用いるであろう。このプロセスの自動化及びTRCマップにおけるこれらのセグメントの境界の画定が、以下の論述の要旨である。

【0021】

【課題を解決するための手段】本発明の1つの態様にしたがって、リアルタイム調子再現曲線マップを作成する方法が提供される。画像の一部が走査され、画像を形成する入力グレー値が決定される。入力グレー値の度数分布のヒストグラムが作成される。入力グレー値のヒス

トグラムに基づき、入力グレー値を出力グレー値に変換する調子再現曲線マップが作成される。

【0022】本発明の更に限定された態様において、変換は、区分的線形変換を含む。

【0023】本発明のもう1つの態様にしたがって、入力グレー値の度数分布の画像ヒストグラムから区分的線形変換を自動的に作成する方法が、提供される。入力グレー値の度数分布が解析され、入力グレー値の度数分布に基づいた複数の入力グレー値のセグメントが画定される。1つの線形変換が複数の入力グレー値セグメントの各々に随伴され、入力グレー値を出力グレー値にマップする複数の線形変換が、決定される。その複数の線形変換は、少なくとも2つの異なった線形変換を有する。

【0024】本発明の更に限定された態様において、画定は、画像ヒストグラムの入力グレー値の度数分布における識別可能な指数部に位置される入力グレー値に基づいて、区分点を決定するステップを含む。

【0025】

【発明の実施の形態】図1を参照して、複写される画像又は原稿が走査される(10)。画像画素のグレー値が走査された画像から決定され、各グレー値の度数を表すヒストグラム分布が作成される(15)。走査された画像の特有の特徴を決定するために、ヒストグラムが解析され(20)、該画像の特徴は、画像のグレー値が出力グレー値にマップされる方法に影響を及ぼす。ヒストグラムの解析は、例えば、"A System and Method for Generating and Utilizing Histogram Data From a Scanned Image"と題され、本譲受人に譲渡され、本明細書に参照として採り入れられる、米国特許第5,751,848号に述べられる。調子再現曲線は、入力グレー値を出力グレー値にマップするヒストグラムデータから自動的に作成される。

【0026】図2は、走査された画像から作成された際の例示的なヒストグラムを示す。画像の入力グレー値は、X軸上に現れ、それらの発生度数は、Y軸上に現れる。グレー値の度数分布を解析する際、入力境界が画定され、マップされるグレー値が指定される(30)。つまり、入力境界の外側のグレー値(例えば、X軸端部におけるグレー値)は、カットされ、複写から削除される。より優れた画像の改良を付与する入力データをより広域な範囲で拡張することを可能にするため、入力境界の範囲を縮小することは、有益である。

【0027】入力境界の決定(30)は、走査された画像のタイプによって影響を受ける。画像タイプに基づいて、入力境界は種々の方式で提供される。ヒストグラムの解析(20)は、走査された画像がハーフトーンタイプであるか又は写真タイプであるかを決定する。ハーフトーン画像は、白黒ハーフトーン画像とカラーハーフトーン画像を含む。ハーフトーン画像を表す特性は、典型として図2に見られるような、背景のグレー値を表す

グレー値のハイライト領域における大きなピークの存在である。画像を複写する際、できるだけ多くの背景グレー値を削除又は抑制することが有用である。ヒストグラムからの背景グレー値の決定は、上記に参照された米国特許第5,751,848号に述べられる。図2において、背景グレー値の開始は、グレー値156に決定される。この値は、ヒストグラムの最大反射率 R_{\max} として表される最大入力境界としてセットされる。 R_{\max} 以上の入力グレー値は、マップ又は複写されない。

【0028】図2を更に参照して、最小反射率 R_{\min} として表される最小入力境界が、ヒストグラムデータから決定される。 R_{\min} は、 R_{\min} 以下の反射率値を含む画像領域の合計が、全画像領域の所定の割合よりも小さいような画像反射率値（グレー値）を有するグレー値にセットされる。つまり、図2において、 R_{\min} はグレー値25であると表され、これは、グレー値0～25を有する画素の合計が、走査された画像の全画素数の3%未満であることを意味する。当然ながら、この所定の割合は、画像の改良を調節するために、システムによって又はユーザによってリアルタイムで変更されることができる。したがって、 R_{\min} 及び R_{\max} は、出力グレー値にマップされ、最終的に複写される入力グレー値の境界を画定する。

【0029】図2において、 R_{\max} は、ハーフトーン画像ヒストグラムに存在する背景のグレー値に基づいて決定される。しかしながら、ある一定の画像は背景のグレー値を有さない。例えば、図5は、X軸の左端部のハイライト領域に背景のピークを全く有さない主として濃い画像を示す走査された写真のヒストグラムを表す。この場合、 R_{\max} は、図2のハーフトーン画像に R_{\min} が与えられたのと同様の方法で決定される。 R_{\max} は、 R_{\max} 以上の反射率を含む画像領域が全画像領域の所定の割合よりも小さいようなグレー値にセットされる。所定の割合が3%である場合、 R_{\max} よりも大きなグレー値を有する画素の合計は、ヒストグラムにおける全画素数の3%未満であろう。当然ながら、所定の割合は、種々の改良結果を得るために変更されることができる。

【0030】図2をもう1度参照して、入力の境界 R_{\min} 及び R_{\max} が画定された後、両境界の間の領域は、1つ又はそれ以上の区分点を決定する(35)ことにより、セグメントに分割される。説明を容易にするため、X軸上に示されるように、入力領域を第1のセグメントと第2のセグメントに分割する区分点40、1点のみが図2に示される。区分点40は、 R_{\min} 値から始まり、識別可能な特徴、例えば、ピーク、バレー、又はピーク又はバレーからのオフセット値など、が認められるまでヒストグラムデータを解析することにより、得られる。

【0031】この場合において、2つのピーク間のバレー（谷）は、グレー値85に位置され、この点が、区分点40としてセットされる。区分点40は、 R_{\min} （グレー値25）とグレー値85との間の第1のセグメント、

及びグレー値85と R_{\max} （グレー値156）との間の第2のセグメントを画定する。したがって、境界と区分点は、区分的線形変換の基底となるヒストグラムデータから自動的に決定され、入力グレー値を1セットの出力グレー値にマップする。

【0032】上述のように必要な入力値が決定されると、入力グレー値がマップされるであろう出力グレー値のダイナミックレンジを画定する出力の境界が画定される(45)。出力されるダイナミックレンジは、用いられるシステム又はスクリーンの出力ダイナミックレンジに限定されう。図3を参照すると、システムのダイナミックレンジは、0～255であることが示される。つまり、システムのダイナミック出力レンジを用いて、入力グレー値 R_{\min} （25）～ R_{\max} （156）は、出力グレー値0～255にマップされ、これは、8ビットシステムの最大可能出力グレー範囲である。多くのシステムにとって、利用可能な出力グレーレベルの範囲は、スキャナ較正プロセス中に確定されるような、システムの「最も白(whitest white)」に制限されることが示される。

【0033】図3を更に参照して、最小入力値 R_{\min} は、最小出力値0.0にマップされる。次に、区分点（グレー値85）が出力グレー値にマップされる(55)。出力グレー値は、入力範囲の第1のセグメント間のグレー値の入力画素との割合に基づいて決定される。例えば、値25～85である第1のセグメントにおけるグレー値の割合は、例えば、入力の境界間の全グレー値数の40.6%である。次に、その割合がダイナミック出力レンジで増倍され、出力グレー値が付与される。ダイナミック出力レンジは、システムの範囲であるため、該値は、 $255 - 0 = 255$ である。したがって、 $.406 \times 255 = 104$ となり、そのため、区分点（入力グレー値85）は、出力グレー値104にマップされる。

【0034】図3を更に参照すると、ここで、残りの入力グレー値が、それらの対応するセグメントの勾配に基づいて出力グレー値にマップされる。つまり、点(25, 0)と(85, 104)との間の第1のセグメントの勾配は、第1のセグメント中の入力グレー値の出力グレー値0～104への1対1の線形変換を画定する。同様に、第2のセグメントは、点(85, 104)と(156, 255)との間の(第1のセグメントとは)異なった勾配を画定し、この勾配は、第2のセグメントにおける入力グレー値の出力グレー値104～255への1対1の線形変換を画定する。調子再現曲線が作成され(60)、これは、2つの異なった線形変換に基づいて、入力グレー値を出力グレー値にマップする。調子再現曲線は、ルックアップテーブルとして作成されるのが好ましい。次に、その調子再現曲線に基づいて画像が複写される(65)。

【0035】しかしながら、画像がスクリーン（予備選択）される場合、多くの入力値が、ハーフトーンスクリ

10

20

30

40

50

ーン外の出力値にマップされ、そのため、黒又は白に飽和されうるため、このアプローチは入力グレーレベルを無駄にする。スクリーン画像における画像のディテールは、用いられる出力範囲が、システム範囲255に代わり、用いられるハーフトンスクリーンの範囲に等しい場合によりよく複写される。ハーフトンスクリーンのダイナミックレンジに基づいた入力グレー値のマッピングが、図4に示される。ハーフトンスクリーンの範囲は、前以て決定され、また、この場合、スクリーン最小値14及びスクリーン最大値220を有する。入力値から出力値への変換は、出力境界が0~255でなく、14~220であることを除き、システム範囲を用いた変換と同一である。ここで、ハーフトンスクリーンのダイナミックレンジは、 $220 - 14 = 206$ となる。

【0036】区分点（入力グレー値85）の出力グレー値へのマッピングが、第1のセグメント内の入力画素の割合をハーフトンスクリーンのダイナミックレンジで倍増することによって表され、 $.406 \times 206 = 84$ となる。しかしながら、最小スクリーン値は、14だけオフセットされるため、定量化される出力グレー値84も、同様に14だけオフセットされ、最終値98となる。したがって、入力グレー値85は、出力グレー値98にマップされる。上述のように、エンドポイント（25, 14）と（85, 98）との間の第1の区分点の勾配が決定され、この勾配は、入力グレー値の出力グレー値への線形変換を画定する。同様に、エンドポイント（85, 98）と（156, 220）との間の第2のセグメントの勾配が見出される。次に、2つのセグメントによって画定された複数の線形変換に基づいて、調子再現曲線が作成される。

【0037】システムスクリーン範囲に用いることと、代わりにハーフトンスクリーン範囲を用いることとの唯一の相違点は、変換値に正の移動（用いられるスクリーンの下限値に等しい）が追加される点である。ハイライトディテールの付与は、暗部ディテールをわずかに犠牲にすることにより向上される。しかしながら、新聞用紙にプリントされる画像のように、非常に粒状度の高い画像にもたらされる現象は、背景に少量のスポットが出現しうるといものである。第2の方法は、最大出力境界（背景値） $- R_{min}$ として計算される入力ダイナミックレンジ全体に対する1セグメントにおける入力ダイナミックレンジの割合を計算することである。この割合は、スクリーンのダイナミック出力レンジによって増倍される。

【0038】このアプローチの1つの欠点として、ダイナミック出力レンジがスクリーンのものに限定された際、画像ディテールの付与は大幅に向上するが、より少数の入力画素が白又は黒に飽和されるため、画像のコントラストは事実上低下することが示される。

【0039】図5を参照して、写真の画像ヒストグラム

の実例が示される。上述のように、白黒又はカラー写真に、用語「画像背景」を用いることはできず、多くの場合、明確なピーク又はバレーは、画像ヒストグラムに存在しない。写真のヒストグラムにおいてしばしば見られるように、バレーが明確でない場合、区分点40は、ブラックピーク値（ 2σ ブラック値）の $1/4$ の値から決定される。したがって、利用可能な画像背景値が全くないため、第1のセグメントは、 R_{min} と $1/4$ ブラックピークとの間に画定され、第2のセグメントは、 $1/4$ ブラックピークと R_{max} との間に画定される。先に定められたように、 R_{min} と R_{max} は、 R_{min} 値及び R_{max} 値の外側の画素の合計が、ヒストグラム中の全画素数の所定の割合よりも小さいようなグレー値にセットされる。図5において、 R_{min} は、グレー値5であると判定され、 R_{max} は、グレー値171であると判定される。ブラックピーク値から標準偏差2つ分（ 2σ ）である $1/4$ ブラックピーク値は、例えば、上記で参照される米国特許第5, 751, 848号に述べられる方法によって見出される。

【0040】図6を参照して、図5の画像ヒストグラムの調子再現曲線マップが示され、ここで、区分的線形調子再現曲線によって画像が調節される。第1のセグメント（グレー値5~102）が大幅に大きな出力グレー値範囲（グレー値14~197）にマップされるのが分かる。濃いグレー値が拡大され、暗部領域により多くのディテールを提供するので、これは、この画像の暗部ディテールの付与を向上させる。

【0041】図6の調子再現曲線マップにおいて、ダイナミック出力レンジは、最小グレー値14及び最大グレー値220を有するスクリーン範囲として選択される。したがって、ダイナミック出力レンジは、 $220 - 14 = 206$ である。入力グレー値のダイナミック出力レンジへのマッピングは、上述のように行われる。各セグメント内の入力画素の割合は、変換を考慮して決定される。例えば、入力グレー値5~102間の第1のセグメントにおける入力画素の割合は、全てのセグメントの入力画素の全合計の88%である。区分点（入力グレー値102）のマッピングは、下記式によって表される。

$$【0042】(220 - 14) \times 0.888 = 183$$

【0043】用いられるスクリーンのダイナミックレンジ（ $220 - 14$ ）は、現セグメントにおける入力画素の割合で増倍され、グレーレベル183である第1の出力セグメント区間の境界を得る。したがって、グレーレベル14における最小出力境界から183の範囲であるグレー値197が、第1の出力セグメントのエンドポイントを画定する。そのため、グレーレベル5~102間の入力グレースペースは、出力グレーレベル14~197にマップされる。同様に、第2のセグメントの入力グレー値、グレー値102~171（ R_{max} ）は、ダイナミック出力レンジの残りのセグメントである第2の出力セグメント、出力グレー値197~220（スクリーンの

最大値)にマップされる。

【0044】図7を参照して、ラボにおいて、1人の人間のカラー写真の区分的線形変換がテスト機器及びコンピュータ(1480×1677画素)によって作成される。絶対ダイナミック入力レンジは、 $R_{min}=1$ 、 $R_{max}=196$ として計算される。図7の画像ヒストグラムのプロットは、この写真において暗部領域が優勢であることを示す。この写真がダイナミック出力レンジの調節なしでスクリーニングによって複写される場合、複写された画像は非常に濃いであろう。更に、暗部領域中にあるため、

画像ディテールのほとんどが失われる。しかしながら、ハイライト領域は、よく複写されるであろう。

【0045】前述のように、画像が「古典的な」方法によってダイナミックレンジを調節した後にスクリーンされる場合(最大ダイナミックレンジ=255)、複写により、たくさんの飽和されたハイライト領域が作成された。最大ダイナミックレンジ区間は、飽和領域を削除するために下方に調節されることができ、ダイナミックレンジの調節なしでスクリーンされた画像には、知覚される鮮鋭度の非常にわずかな上昇のほかに、これらの

画像における改善はほとんど見受けられなかった。

【0046】図8は、本アルゴリズムの区分的線形変換によって調節された画像の調子再現曲線マップを示す。第1のセグメント(入力グレー値1~12)に現れる暗部ディテールのほとんどは、出力グレーレベルの大部分を暗部領域にマッピングすることによりもたらされる。更に、ハイライトディテールは、暗部領域から、第2のセグメント(入力グレー値12~196)によって画定されるハイライト領域に第2の線形変換によって保存される。全般の目的が、飽和せずに暗部及びハイライト領域の両領域に画像ディテールを複写することである場合、この区分的線形変換が最も優れた画像を作成する。ハイライト領域に表されるいくつかの輪郭が存在すると、ダイナミック出力レンジをスクリーンのもの(出力グレー値14~220)に限定することによりべたの黒又は白がほとんどないため、この画像は鮮鋭、すなわち「硬調(contrasty)」としては現れない。

【0047】図7及び8を更に参照して、ブラックピーク点を入力グレー値8に決定し、ブラックピークから約2σ(ピークの1/4)の値を判定し、値12を導き出すことに基いて、区分点は、入力グレー値12に算定される。したがって、第1の入力セグメントは、入力グレーレベル絶対 $R_{min}=1$ ~グレーレベル12に、第2の入力セグメントは、グレーレベル12~絶対 $R_{max}=196$ に選択される。この画像中に背景画素が全く存在しないため、 R_{max} 値は、上記で説明された3%削除ルールに基いて決定される。グレーレベル12における区分点は、暗部領域のブラックピークから約標準偏差2(2σ)であるように選択された。これは、米国特許第5,751,848号に完全に述べられるように、ヒス

トグラムを解析し、ヒストグラムにおけるブラックピークの高さの約1/4のピーク高を有するグレー値を決定することにより、算出される。

【0048】第1の出力グレーレベルセグメントが計算され、最小スクリーン値(14)~出力グレーレベル90に選択される。グレーレベル90は、下記式から算出される。

【0049】(第1の入力セグメント内に含まれる全入力画素の割合) * (用いられるハーフトーンスクリーンの範囲)

【0050】適切な値の挿入により、 $0.367 * (220 - 14) = 76$ となる。値76は、グレー値90($76 + 14 = 90$)にエンドポイントをおく第1の出力セグメントの長さである。そのため、グレーレベル1と12との間の入力グレースペースは、出力グレーレベル14~90にマップされる。この画像を複写する際、グレーレベル12の第1のセグメント範囲が、より広域のグレーレベル76の出力セグメント範囲にマップされるため、暗部領域にたくさんのディテールがもたらされる。

【0051】第1のセグメントのエンドポイントが(1, 14)及び(12, 90)であることが知られると、その間に勾配が確定され、その勾配に基づいて第1のセグメント中のグレー値が、第1の出力セグメントグレー値にマップされる。同様に、第2の入力セグメントのエンドポイント(12, 90)及び(196, 220)が、その間に勾配を画定し、この勾配は、作成された図8の調子再現曲線に示されるように、第2のセグメントのグレーレベルを第2の出力セグメントグレーレベルに変換するために用いられる。

【0052】図9を参照して、もう1つの区分的線形変換を示すために、白黒写真(1072×1312画素)のヒストグラムデータが図示される。用いられた写真は、標準的な白黒のボートと波止場の光景(1072×1312画素)である。絶対ダイナミック入力レンジは、 $R_{min}=4$ 、 $R_{max}=191$ である。図9の画像のヒストグラムのプロットは、写真において暗部領域が優勢であることを示す。先の2つの画像ヒストグラムとは異なり、このヒストグラムは、明確なピークを有することに留意されたい。この画像がダイナミックレンジの調節なしでスクリーンされる際、画像は、比較的濃く、暗部領域におけるディテールを欠損して複写される。この画像中に背景が全くないため、ダイナミックレンジは、 R_{min} 及び R_{max} のみを用いる線形変換の「古典的」方法を用いて調節されることができる。最大ダイナミック出力レンジは、ハイライト飽和を削除するために、200にセットされる。これは、最大ダイナミックレンジが255である際、調子再現曲線マップは、この場合、グレーレベル113(グレー値113以上の画素の合計は、全合計の3%未満である)である R_{max} で飽和する事実によるものである。そのため、ハイライト領域全体が飽和されるであろう。ダ

ダイナミックレンジを200にセットすることにより、調子再現曲線マップの勾配が変更され、マップ中の飽和点を更に高いグレーレベルに移動させる。

【0053】図10は、図9のヒストグラムデータから作成された区分的線形調子再現曲線を図示する。この変換は、「古典的な」変換に比べ、暗部ディテールの付与を向上させる。これは、暗部領域におけるダイナミックレンジの効果的な拡張に起因する。区分的線形変換を生じさせるために、図9のヒストグラムが解析され、1つ又はそれ以上の区分点を決定する。この場合、1つの区分点10が決定され、次にこの区分点が入力グレー値に沿った2つの区分点を画定する。ヒストグラムから、入力グレーレベル11においてブラックピークが見出される。ブラックピークから、区分点10がグレーレベル32であるブラックピークから約標準偏差2つ分(2σ)として算出され、選択される。

【0054】2σ点は、ブラックピークの高さの約1/4のピーク高を有するグレー値に選択される。区分点をグレーレベル32に有することは、第1のセグメントをグレーレベル4~32に、第2のセグメントを32~191に画定する。次に、ダイナミック出力レンジが、この場合、出力グレー値14~220のスクリーン範囲に選択される。次に、区分点値32が、上述のように、出力グレー値にマップされる。第1のセグメント、 R_{min} (4)~入力グレーレベル32、に含まれる入力画素の割合は、全入力画素数の約37.6%である。次に、用いられる出力スクリーンのダイナミックレンジ(220-14=206)は、画素の割合0.376で増倍され、第1の出力セグメント区間の長さを付与する。すなわち、(220-14)×0.376=78となる。

【0055】したがって、第1の出力セグメントのエンドポイントは、14+78=92である。そのため、グレーレベル4~32である入力グレースペースは、出力グレーレベル14~92にマップされる。エンドポイント(4, 14)及び(32, 92)を知ることにより、第1の入力セグメントと第1の出力セグメントとの線形変換の基本を形成する勾配が決定される。したがって、グレー値32~191の第2の入力セグメントは、エンドポイント(32, 92)と(191, 220)との間の勾配に基づいて第2の出力セグメントにマップされる。

【0056】図11、12(A)、及び12(B)を参照して、新聞用紙にプリントされたハーフトーンのカラ画像の、区分的線形変換を介したダイナミックレンジの調節の一例が示される。図11は、画像ヒストグラムのプロットを示す。それは、縁に少量の新聞用紙の背景(1146×474画素)を有してクロップされた低度数のハーフトーン写真(85dpiスクリーン)である。画像の左側の映像が、青の背景と、また、暗部領域に多くのディテールを有すると共に、その右側の映像が、明るい黄

色の背景と、ハイライト領域にディテールを有する、このタイプの画像は、本来複写し難い。ヒストグラムデータを解析する際、絶対ダイナミックレンジは、 $R_{min}=20$ 、 $R_{max}=223$ として計算される。背景グレー値は、入力グレー値135において計算される。

【0057】ヒストグラムデータの解析は、グレーレベル47におけるブラックピーク、グレーレベル60における2σ点(ブラックピーク値の1/4)、グレーレベル85における第1のバレー、グレー値115におけるピーク、グレーレベル131における第2のバレー、及びグレーレベル135における背景閾値を決定する。

「古典的」方法を介してダイナミックレンジが調節された後、スクリーン画像を複写すると、両映像のいくらかの暗部ディテールが失われ、いくらかの新聞用紙の背景が複写されるであろう。

【0058】図12(A)を参照すると、図11のヒストグラムのために作成される区分的線形調子再現曲線が図示される。この場合、区分点は、第1のバレーのグレー値85であると選択される。したがって、ダイナミック入力レンジは、2つのセグメントを含み、第1のセグメントは、 R_{min} (20)~85間に画定され、第2のセグメントは、グレー値85~135間に画定される。8ビットシステムのシステム範囲全体としてのダイナミック出力レンジは、0~255であるとして選択される。

【0059】図12(A)の区分的線形変換は、以下のように定められる。

【0060】ブラックピークは、グレーレベル47に決定される。区分点は、ブラックピーク(47)と隣接するピーク(115)との間のバレーにおける入力グレーレベル85で計算される。

【0061】 R_{min} (20)とグレーレベル85との間の第1のセグメント中の入力画素の割合=56.8%

【0062】

出力範囲(255)*画素の割合(0.568)=145

【0063】したがって、第1の出力セグメントは、0~145に画定される。入力区分点(85)は、第1の出力セグメントのエンドポイント145にマップされる。入力境界値20及び135は、出力境界値0及び255に、それぞれマップされる。次に、勾配が各セグメントのために定量化され、残りの入力グレー値は、それらに対応するセグメントの勾配に基づいて出力グレー値にマップされる。

【0064】図12(B)を参照して、図11のヒストグラムの区分的線形調子再現曲線が図示される。図12(B)のマップと図12(A)のマップの相違点は、図12(B)では、変換が、バレー点85ではなく、2σ値(ブラックピークの1/4)を用いて区分点を選択する点である。この場合、2σ点はグレーレベル60である。 R_{min} (20)と区分点60との間の入力画素の割

合は、42.3%である。更に、ダイナミック出力レンジ255を前記割合(255*0.423)で増倍することにより、値108が導出される。したがって、第1の出力セグメントは、0~108に画定され、第2の出力セグメントは、108~255に画定される。区分点における入力グレー値60は、出力区分点値108にマップされる。上記に論じられたのと同様に、各入力セグメントの勾配が、算定され、入力グレー値は、それらに対応するセグメントにおいて概ねの区分的線形変換を成すこれらのセグメントの勾配に基づいて出力グレー値にマップされる。

【0065】代替的に、ダイナミック出力レンジは、例えば、出力グレーレベル14においてスクリーン最小値を、また、出力グレーレベル220においてスクリーン最大値を有するハーフトーンスクリーン範囲として選択されることができる。また、調子再現曲線は、上述のように、バレー85又は2σ点60における区分点の何れかを用いて作成されることもできる。これらの様々な区分的線形変換の選択肢は、ユーザにとって利用可能とされ、そのため、元の入力画像に基づいて様々な複写が作成されることができる。システム全体の出力範囲のために作成された調子再現曲線マップとハーフトーンスクリーン範囲のために作成された調子再現曲線マップとの唯一の相違点は、ハーフトーンスクリーン範囲のマップが、絶対R_{min}から背景レベルへの入力グレーレベルをスクリーンのダイナミックレンジ(14~220)に効果的にマップするグレーレベル14の正のスライドを有する点である。入力区分点60(2σ)は、出力グレー値103にマップされるが、ハーフトーンスクリーンを用いた変換において、85における入力区分点は出力グレー値131にマップされる。

【0066】異なった方法の複写の相違点を詳細にわたって査定するために、低度数のハーフトーン画像には、通常、ハーフトーンスクリーンを適用しないが、画像にハーフトーンスクリーンが適用された。ダイナミックレンジが、「古典的方法」を介して調節される場合、青色と黄色の両映像においていくらかの暗部ディテールが失われ、更に、望ましくないいくらかの新聞用紙の背景も複写される。

【0067】画像が区分的線形変換によって複写され、出力ダイナミックレンジが255に等しいとき、多量の暗部ディテールを有する青色の映像は、「古典的方法」によって複写されたものよりも更に多くの複写されたディテールを表す。ハイライト領域に多量のディテールを有する黄色の映像もまた、より多くの複写されたディテールを有する。適用されるハーフトーンスクリーンのものに出力ダイナミックレンジを限定した際、更により多くのハイライトディテールが黄色の映像に複写される。いずれの場合においても、新聞用紙の背景は全く複写されない。

【0068】図13は、複写し難い画像のヒストグラムデータを示す。それは、白い背景(コーティングされた用紙)の縁と共にクロップされた高度数ハーフトーン(150dpiスクリーン)写真である。絶対ダイナミック入力レンジは、R_{min}=11、及びR_{max}=238に算定される。この場合、ヒストグラムの解析は、背景グレー値が存在し、背景閾値が、背景ピーク値226の約1/4のピーク値である213で算定されることを示す。

【0069】図13のヒストグラムデータは、広く間隔をおかれた2つの群を抜いて高いピークを外部濃度領域に示す。これは、2つのピークの間のグレーレベルにいくらかの量の画像情報を有するハイコントラスト画像であることに留意されたい。ヒストグラムデータの更なる解析により、このデータが、広く間隔をおかれたピークを有し、ピーク間の「バレー」が識別し難い2項データ(bimodal)であることを示す。したがって、本アルゴリズムは、区分的線形変換を成すために、2σ(ブラックピークの1/4)値に基づいた区分点の選択に限定される。

【0070】図14は、システムのダイナミック出力レンジ(0~255)を用いて図13のヒストグラムデータから作成された区分的線形調子再現曲線マップを示す。R_{min}は、3%ルールを用いてグレーレベル11に決定され、また、この画像は抑圧されようとしている背景値を有するため、最大境界はグレーレベル213でセットされる。区分点は、ブラックピーク値22と2σ点(ブラックピークの1/4)に基づいてグレーレベル39に算定される。したがって、入力グレー値の2つの入力セグメントが画定される。第1のセグメント上の画素の割合に基づいて、区分点39が、出力グレーレベル136にマップされる。前に上記で説明されたように、各セグメントの勾配が定量化され、区分的線形変換において、入力グレー値が出力グレー値にマップされる。代替的に、ダイナミック出力レンジは、例えば、出力グレーレベル14~220であるハーフトーンスクリーン範囲として選択されることができる。

【0071】画像が、「古典的方法」によってダイナミックレンジを調節することにより処理される場合、背景は抑圧されるが、暗部ディテールのほとんどが失われる。画像が、225に等しい出力ダイナミックレンジを有する区分的線形変換を用いて複写された際、暗部ディテールのほとんどが現される。この際、ハイライトディテールのほとんどが飽和される。出力ダイナミックレンジが、適用されるハーフトーンスクリーンの範囲に限定される場合、ハイライト複写は向上する。

【0072】好ましい実施形態を参照して本発明が説明された。明らかに、本明細書を読み、理解する上で、変形例と代替物が他者に生じるであろう。それらが添付の請求項又はその同等物の範囲内に含まれる限り、本発明が、このような変形例と代替物を全て含むことが意図さ

れる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にしたがって、区分的線形変換の作成を含む画像複写システムのブロック図である。

【図2】ハーフトーン画像のヒストグラム分布を表すグラフ図である。

【図3】本発明にしたがって、システムのダイナミック出力レンジに基づいた図2の画像の区分的線形変換マップを示すグラフ図である。

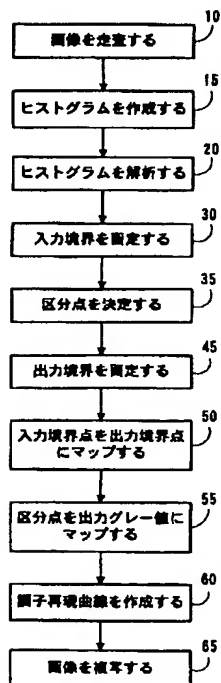
【図4】本発明にしたがって、ハーフトーンスクリーンのダイナミック出力レンジに基づいた図2の画像の区分的線形変換マップを示すグラフ図である。

【図5】写真のヒストグラム分布を示すグラフ図である。

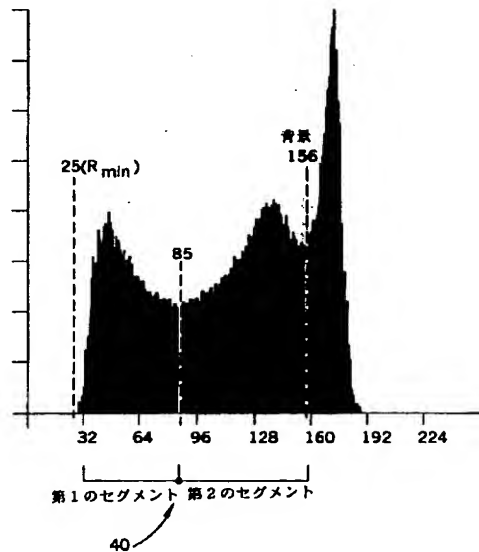
【図6】図5の画像の区分的線形変換マップを示すグラフ図である。

【図7】もう1つのカラー写真のヒストグラムデータを示すグラフ図である。

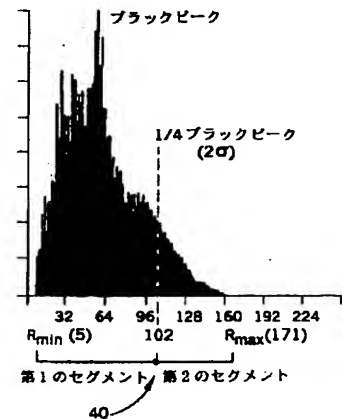
【図1】



【図2】



【図5】



【図8】図7の画像の区分的線形変換マップを示すグラフ図である。

【図9】白黒写真のヒストグラムデータを示すグラフ図である。

【図10】図9のヒストグラムの区分的線形変換を示すグラフ図である。

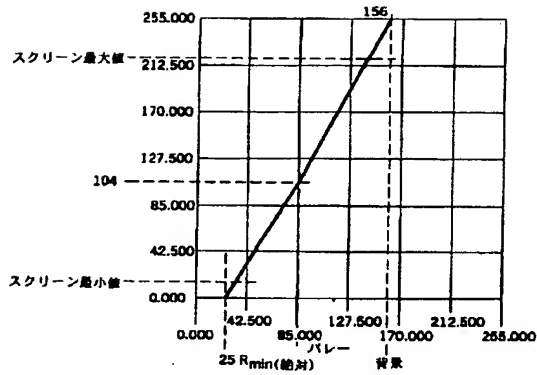
【図11】低度数のハーフトーン化されたカラー写真のヒストグラムデータを示すグラフ図である。

【図12】(A)は、バレーポイントを区分点として用いた図11の画像の区分的線形変換マップを示すグラフ図である。(B)は、ブラックピーク値の1/4を区分点として用いた図11の画像の区分的線形変換マップを示すグラフ図である。

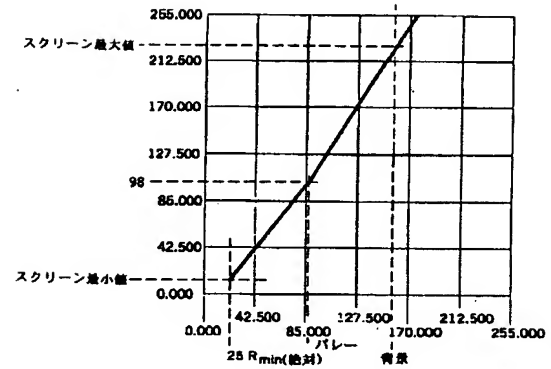
【図13】もう1つの画像パターンのヒストグラムデータを示すグラフ図である。

【図14】図13のデータから作成された区分的線形変換マップを示すグラフ図である。

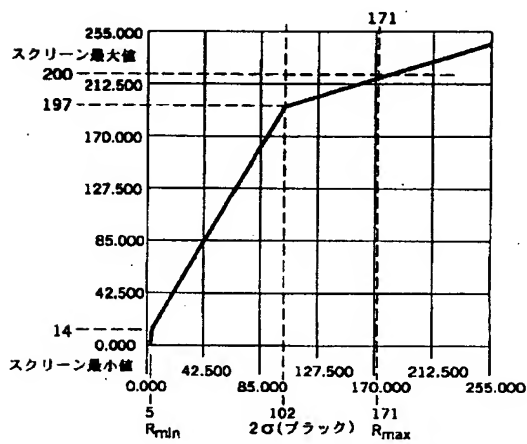
【図3】



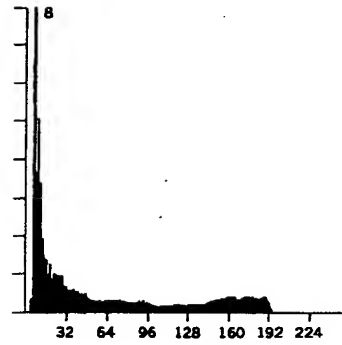
【図4】



【図6】

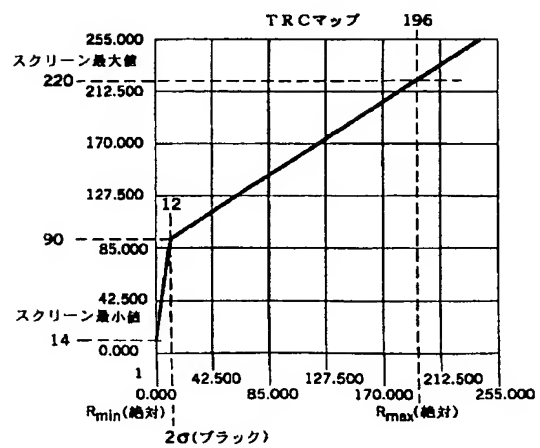
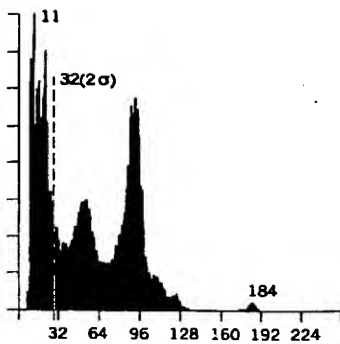


【図7】

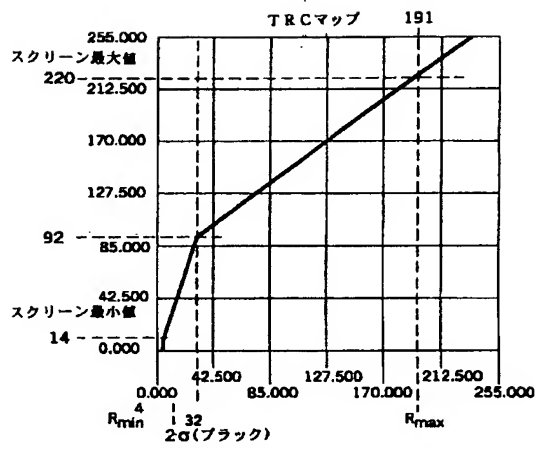


【図8】

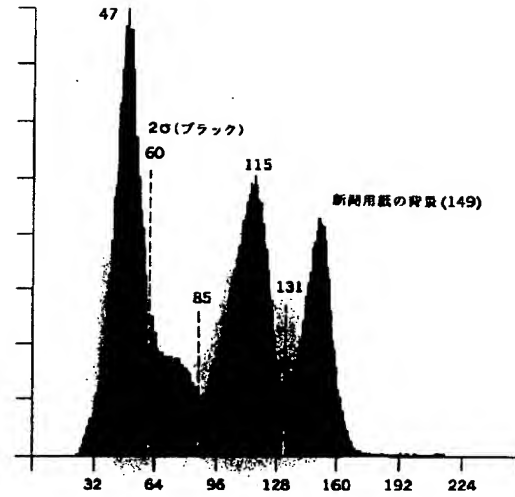
【図9】



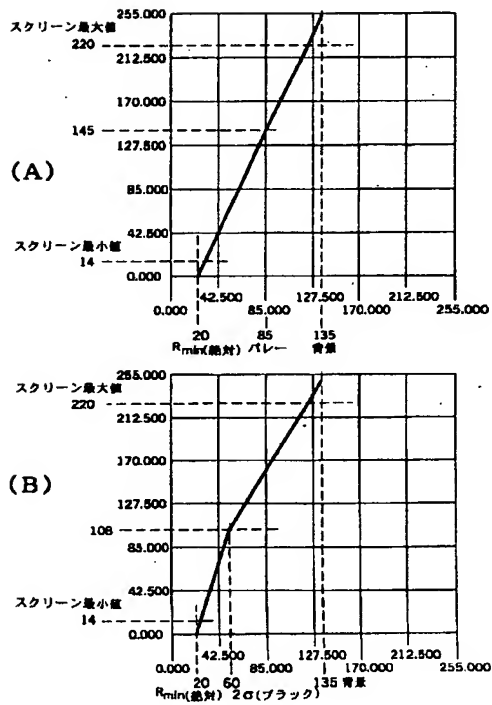
【図10】



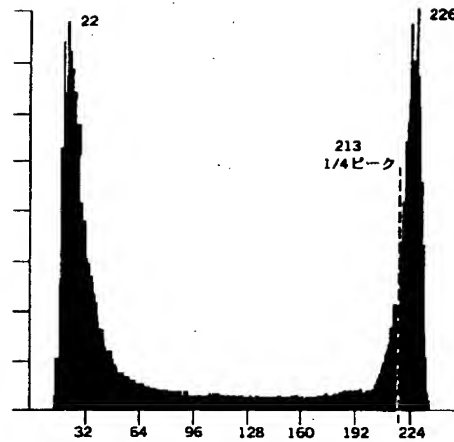
【図11】



【図12】



【図13】



【図14】

